Stanford University Library
FEB
1954

Ueber den Gehalt des Organismus an gebundenen Pentosen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medicinischen Fakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Georg Grund,

approb. Arzt.

Dekan:
Hofrath Prof. Dr. Vierordt.

Referent:
Prof. Dr. Kossel.

Strassburg
Verlag von Karl J. Trübner
1903.

Aus Band XXXV von Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie.

Seit E. Salkowski[1]) die Ausscheidung von Pentose im menschlichen Harne als Stoffwechselanomalie entdeckt und Hammarsten[2]) in dem von ihm dargestellten Nucleoproteid des Pankreas ebenfalls eine Pentose aufgefunden hat, haben sich viele Untersuchungen damit beschäftigt, die Rolle zu ermitteln, die dieses Kohlehydrat im menschlichen und thierischen Stoffwechsel einnimmt. Die zahlreichen Arbeiten, die darauf ausgingen, über das Schicksal per os eingeführter Pentosen im Organismus Aufklärung zu verschaffen, haben dieses ihr nächstes Ziel in der That bis zu einem gewissen Grade erreicht. Dagegen ist es bisher noch nicht gelungen, einen Einblick zu erlangen in die Rolle, die die im Nucleoproteide gebunden erscheinenden Pentosen im Stoffwechsel des Organismus spielen, so werthvoll ein Aufschluss hierüber für unsere Gesammterkenntniss der Wechselbeziehungen zwischen Eiweiss- und Kohlehydratstoffwechsel wäre. Vorläufig fehlen auch noch für Versuche in dieser Richtung einzelne Vorbedingungen, so insbesondere jede exacte Kenntniss der Quantität der Pentosen, die sich in den einzelnen Nucleoproteiden und Organen vorfindet; ein Punkt, der um so mehr der Aufklärung bedarf, als wir durch F. Blumenthal[3]) darüber unterrichtet sind, dass die qualitativ nachweisbare Verbreitung der Pentosen im Organismus eine recht erhebliche ist. In der folgenden Arbeit ist der Versuch gemacht worden, diese Lücke auszufüllen.

Frühere Versuche derart liegen nur in einem Falle vor.

---

1) Salkowski u. Jastrowitz, Centralblatt f. d. med. Wissensch., 1892, Nr. 19 u. 35.

2) Hammarsten, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XIX, S. 19—37.

3) Blumenthal, Zeitschr. f. klin. Medicin, 34, Heft 1 u. 2.

In seinen Untersuchungen über die Guanylsäure, die Nucleinsäure des Pankreas, hat Bang[1]) die Menge der in diesem Körper enthaltenen Pentose bestimmt. Er spaltet die Pentose durch Erwärmen der Guanylsäure mit 5%iger Schwefelsäure auf dem kochenden Wasserbade ab, neutralisirt, filtrirt und bestimmt die Reductionsfähigkeit des Filtrates gegenüber Fehling'scher Lösung. Schon hier ist, wie Bang selbst angibt, die Anwendung dieser Methode mit Schwierigkeiten verknüpft. Sie auf die ungleich schwierigeren Verhältnisse übertragen zu wollen, wie sie in den Nucleoproteiden oder gar den Organen vorliegen, war undenkbar.

In Betracht kamen nur die Methoden, die in der Chemie der Futterstoffe bereits seit längerer Zeit zur Bestimmung von deren Gehalt an Pentosen verwendet werden. Alle diese Methoden gehen auf die Eigenschaft der Pentosen zurück, dass sie bei der Destillation mit verdünnten Säuren sich unter Abspaltung von Wasser in Furfurol verwandeln, nach der Formel:

$$C_5H_{10}O_5 - 3H_2O = C_5H_4O_2.$$

Das so gebildete Furfurol wird nach der älteren Methode, die besonders von Tollens[2]) und seinen Schülern ausgebildet worden ist, durch Zusatz von essigsaurem Phenylhydrazin als Furfurolhydrazon niedergeschlagen und dessen Menge bestimmt. Der Umstand, dass wegen einer geringen Löslichkeit des Hydrazons Furfurolmengen unter 0,0104 g nicht mehr nachweisbar sind, verhindert jede Verwendung dieser Methode für den von mir verfolgten Zweck.

Die jüngere Methode wurde, nachdem Hotter[3]) durch ein Verfahren der Furfurolbestimmung mittelst Condensation durch Pyrogallol die theilweise Anregung gegeben hatte, gleichzeitig von Welbel und Zeisel,[4]) sowie von Councler[5]) auf-

[1]) Bang, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XXVI, S. 133.

[2]) Mann, Krüger u. Tollens, Zeitschr. f. angew. Chem., 1896, S. 33. — Günther, Chalmot u. Tollens, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch., 24, S. 3575. — Flint u. Tollens, Die landwirthsch. Versuchsstationen, 42, S. 381.

[3]) Hotter, Chemikerzeitung, 1893, S. 1743.

[4]) Welbel u. Zeisel, Monatshefte für Chemie, 1895, S. 283.

[5]) Councler, Chemikerzeitung, 1894, S. 966.

gestellt und von Tollens[1]) und seinen Schülern weiter ausgebildet. Bei diesem Verfahren wird dem furfurolhaltigen Destillate eine Lösung von Phloroglucin hinzugesetzt, mit dem das Furfurol unter Wasserabspaltung sich zu Furfurolphloroglucid verbindet, nach der Formel:

$$2\,C_5H_4O_2 + 2\,C_6H_6O_3 = C_{22}H_{18}O_9 + H_2O.$$

Das Phloroglucid fällt als voluminöser grünschwarzer Niederschlag aus und wird gewichtsanalytisch bestimmt.

Trotzdem nun der Process sich keineswegs in den Grenzen der angegebenen Formeln hält, sondern erhebliche, später genauer zu erörternde Abweichungen zeigt, erwies sich das Verfahren als durchaus geeignet für die Bestimmung selbst minimaler Mengen von Pentosen. Ich wandte dasselbe in folgender, von den Tollens'schen[2]) Angaben nur wenig abweichender Form an:

Die zu untersuchende Substanz, deren Menge nicht mehr als 5 g betragen soll, wird in einem ca. 500 ccm. haltenden Kolben mit 100 ccm. Salzsäure vom specifischen Gewicht 1,06 destillirt. Nachdem etwa 50 ccm. Flüssigkeit abdestillirt sind, werden jedesmal durch eine den Stopfen des Destillirkolbens durchbohrende Hahnpipette 50 ccm. derselben Salzsäure nachgefüllt. Die Destillation wird auf diese Weise so lange fortgesetzt, bis 200 ccm. überdestillirt sind. Das Destillat wird, falls nöthig, unter quantitativen Cautelen filtrirt und mit einer Lösung von Phloroglucin in Salzsäure von 1,06 specifischem Gewicht versetzt, die etwa die gleiche Menge Phloroglucin enthält, als die untersuchte Substanz Pentosen erwarten lässt. Die Flüssigkeit färbt sich erst citronengelb, dann grün und trübt sich je nach dem Gehalte an Furfurol verschieden rasch. Nach 24 Stunden hat sich der Niederschlag genügend abgesetzt. Er wird auf einem bei ca. 105° getrockneten und gewogenen Filter gesammelt und erst einige Male mit verdünnter Salzsäure, dann mit 150 ccm. destillirtem Wasser ausgewaschen. Die Gewichtszunahme, die das Filter nach erneuter 3—4stündiger Trock-

1) Mann, Krüger u. Tollens, l. c. — Krüger u. Tollens, Zeitschr. d. Vereins f. d. Rübenzuckerindustrie, 1896, S. 21.

2) Krüger u. Tollens, l. c.

nung bei 105° erfahren hat, ergibt die Menge des erhaltenen Furfurolphloroglucids.

Diese von mir angewendete Methode weicht nur insofern von der Tollens'schen Vorschrift ab, als ich erst nach Abdestillirung von 50 ccm. Salzsäure nachfüllte, während Tollens dies bereits nach Abdestillirung von 30 ccm. thut. Durch diese kleine Modification gestaltet sich der Process intensiver, und die Furfurolbildung verläuft rascher, sodass sie bei den geringen Pentosenmengen, um die es sich hier stets handelte, bereits als abgeschlossen gelten darf, wenn 200 ccm. überdestillirt sind. In einer Reihe von Analysen, bei denen ich zur Kontrolle weitere 200 ccm. bis zu der von Tollens angegebenen Summe von 400 ccm. überdestillirte, konnte ich in der zweiten Portion auf Phloroglucinzusatz für gewöhnlich weder Färbung noch Niederschlag, nur in wenigen Fällen minimale Spuren einer Trübung erhalten. Eine Vernachlässigung dieser Spuren schien mir aber durch den Vortheil, der aus der Verminderung des Destillates für die Genauigkeit der quantitativen Bestimmung erwächst, reichlich aufgewogen zu werden.

Auf einige Punkte der Methode möchte ich noch näher eingehen. Der eine betrifft die Qualität des verwendeten Phloroglucins. Während die ersten Autoren das Phloroglucin zuvor einer complicirten Reinigungsmethode unterwarfen, haben Mann, Krüger und Tollens[1]) nachgewiesen, dass die Verunreinigung an Diresorcin, die das käufliche Präparat des Handels enthält, keinerlei Einfluss auf das Resultat habe. Ich habe daher das käufliche Präparat von Kahlbaum ohne besondere Reinigung verwendet.

Von Wichtigkeit ist es dagegen, beim Zusatz von Phloroglucin einen zu grossen Ueberschuss zu vermeiden. Denn wie bereits Welbel und Zeisel[2]) nachgewiesen haben, hat ein mehr als das Doppelte betragender Ueberschuss von Phloroglucin eine geringe Löslichkeit des Niederschlages in destillirtem Wasser zur Folge. Es war daher nöthig, sich in einer Anzahl

---

1) Mann, Krüger u. Tollens, l. c.
2) Welbel u. Zeisel, l. c.

von Fällen durch einen Vorversuch von der ungefähren Menge des zu erwartenden Niederschlages zu überzeugen.

Die Filtrirung des Destillates vor Zusatz von Phloroglucin ist von Tollens nicht vorgesehen und wird im Interesse der Verhütung einer unnöthigen Vermehrung des Destillates durch Waschwasser auch am besten vermieden. Sie erwies sich aber in vielen Fällen als nothwendig, weil fast alle Präparate, bei denen grössere Mengen verwendet werden mussten, anscheinend aus Resten von Seifen flüchtige Fettsäuren lieferten, die sich auf der Oberfläche des Destillates als dünne Haut ansammeln und empfindliche Störungen der Analysen hervorrufen können.

Eine besondere Reihe von Versuchen war nothwendig, um die Formel für die Rückberechnung der vorhanden gewesenen Pentosen aus dem erhaltenen Niederschlage festzustellen. Wie ich schon oben erwähnte, verläuft nämlich der Process keineswegs in den genauen Grenzen der angegebenen Formeln. Bereits bei den Untersuchungen, die sich mit der Bestimmung des Furfurols durch Hydrazonfällung beschäftigten, fand Tollens,[1]) dass neben Furfurol aus den Pentosen gleichzeitig Huminsubstanzen gebildet werden, die einen erheblichen Verlust an Furfurol bedingen. Theoretisch müsste sein:

$$\text{Furfurol} \times 1{,}564 = \text{Pentose}.$$

Tollens dagegen fand nach vielfachen Untersuchungen, dass für Mengen, die über 0,2 g liegen, folgende Umrechnungsarten am besten den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen:[2])

$$(\text{Furfurol} - 0{,}0104) \times 1{,}91 = \text{Xylose}.$$
$$(\text{Furfurol} - 0{,}0104) \times 2{,}35 = \text{Arabinose}.$$

Als weitere Complication ist hieraus ersichtlich, dass die verschiedenen Pentosenarten verschieden hohe Ausbeuten an Furfurol liefern.

---

1) Tollens, Zeitschr. d. Vereins f. d. Rübenzuckerindustrie, 1894. S. 426.

2) Krüger und Tollens, l. c.

Auch die Condensation von Furfurol mit Phloroglucin verläuft nicht genau nach der oben angeführten Bayer'schen Regel

2 Moleküle Aldehyd + 2 Moleküle Phenol = 1 Molekül Condensationsprodukt + 1 Molekül H_2O,

sondern schon Welbel und Zeisel[1]) fanden, dass für je ein Molekulargewicht Furfurol weniger als ein Molekulargewicht Phloroglucin in Reaction trete.

Theoretisch wäre:

0,1 Furfurol = 0,2219 Phloroglucid,

thatsächlich ist:

0,1 Furfurol = 0,1994 Phloroglucid.

Tollens untersuchte diese Zahlen für verschiedene Mengenverhältnisse und fand, dass die Divisoren für die Berechnung des Furfurols aus dem Niederschlage bei Mengen von 0,2—0,6 g von 1,820 auf 1,930 stiegen.

Bei der Prüfung dieser Umrechnungsformeln für den in meiner Arbeit vorliegenden Fall war nun von vornherein zu berücksichtigen, dass es sich hier nur um sehr geringe Mengen von Pentose handelte. Sie betrug im Höchstfalle noch nicht 0,050 g, blieb in den meisten Fällen weit hinter dieser Ziffer zurück. Da lehrt denn eine einfache Betrachtung der Formeln für die Umrechnung der Pentosen aus Furfurol, dass sie für derartig kleine Mengen unmöglich eine analoge Geltung haben können. Sonst müsste man z. B. aus 0,001 Xylose 0,011 Furfurol bekommen.

Es lag also die Nothwendigkeit vor, für kleine Mengen von Pentosen die Umrechnungsfactoren durch eigene Versuche festzustellen. Ich verwandte hierzu Präparate von Schuchardt in Görlitz, die von Herrn Professor Salkowski bereits mehrfach auf ihre Reinheit geprüft und mir gütigst zur Verfügung gestellt worden waren. Ich machte mir Lösungen von 0,2745 g l-Arabinose bezw. 0,2210 g l-Xylose in 250,0 destillirtem Wasser. Davon entnahm ich mit der Pipette je 10,0, 20,0 und 40,0 ccm. und erhielt bei der Destillation nach dem beschriebenen Verfahren folgende Resultate:

---

[1]) Welbel und Zeisel, l. c.

Nr.	Präparat	Menge	Phloroglucid einzeln	Phloroglucid im Mittel	Factor
		g	g	g	
1	Arabinose	0,0110	0,0074	0,0075	1,467
2	»	0,0110	0,0076		
3[1]	»	0,0220	0,0169	0,0169	1,302
4	»	0,0439	0,0367	0,03615	1,214
5	»	0,0439	0,0356		
6	Xylose	0,00884	0,0056	0,0055	1,607
7	»	0,00884	0,0054		
8	»	0,0177	0,0137	0,0141	1,254
9	»	0,0177	0,0145		
10	»	0,0354	0,0312	0,0309	1,145
11	»	0,0354	0,0306		

Ein Blick auf die Factoren zeigt, dass dieselben mit abnehmender Niederschlagsmenge in sehr raschem Maasse wachsen, sodass sie weder mit einer arithmetischen noch einer geometrischen Progression zu vereinigen sind. Dagegen fand sich, dass bei Anbringung einer constanten Correctur alle Zahlen sich in auffallend guter Weise vereinigen lassen. Stellt man aus den Ergebnissen der beiden ersten bezw. der 4. und 5. Analyse die beiden Gleichungen auf:

$$0{,}0075\ x + y = 0{,}0110$$
$$0{,}03615\ x + y = 0{,}0439$$

so ergibt sich für x 1,148 und für y 0,0024.

Rechnet man mit diesen Ziffern aus der Niederschlagsmenge der dritten Analyse deren Ausgangsmenge aus, so erhält man:

Berechnet: 0,0218
gefunden: 0,0220.

In ähnlicher Weise ergeben sich aus der 6. und 7. bezw. 10. und 11. Analyse die analogen Zahlen für Xylose:

$$x = 1{,}045$$
$$y = 0{,}00309.$$

Rechnet man nach diesen Ziffern das Ergebniss der 8. und 9. Analyse um, so erhält man hier als Ausgangsmenge:

[1]) Die Parallelanalyse ging leider durch einen Unfall verloren.

Berechnet: 0,01782
gefunden: 0,0177.

Aendere ich die Grösse y für Arabinose auf 0,0025 und für Xylose auf 0,00305, so ergeben sich nur noch minimale Differenzen gegenüber den gefundenen Zwischengrössen, sodass folgende Umrechnungsformeln für die untersuchten Grössen Geltung gewinnen:

Phloroglucid × 1,148 + 0,0025 = Arabinose
Phloroglucid × 1,045 + 0,00305 = Xylose.

So schön nun die Gleichungen mit den gefundenen Resultaten übereinstimmen, verhehle ich mir doch keineswegs, dass ihnen nur ein Annäherungswerth zuzuerkennen ist. Bei der relativen Grösse, die im Verhältniss zu derart kleinen Niederschlägen allein schon die im Wägeverfahren selbst liegenden Fehlerquellen annehmen, wäre zu einer wirklich exacten Feststellung eine überaus grosse Zahl von Analysen nöthig gewesen, die den Rahmen dieser Arbeit überschritten hätte.

Insbesondere dürfte der constanten Correctur kaum eine wirklich constante Verlustquelle zu Grunde liegen. Es lag nahe, eine solche etwa in einer gewissen Löslichkeit des Phloroglucids in Salzsäure zu suchen, wie denn Welbel und Zeisel[1]) die Möglichkeit einer Löslichkeit von 0,002 g auf 200 ccm. Salzsäure zugeben. Ich stellte zur Klarlegung dieses Punktes folgenden Versuch an:

0,2554 g käufliches Furfurol von Kahlbaum werden in 1000,0 H_2O gelöst, hiervon je 25,0 ccm. abpipettirt und mit HCl vom specifischen Gewicht 1,06 auf 200,0 bezw. 1200,0 ccm. aufgefüllt. Das Ergebnis war folgendes:

Nr.	Furfurol	Salzsäure	Phloroglucid	
			einzeln	im Mittel
12	0,0064	200,0	0,0093	0,0095
13	0,0064	200,0	0,0097	
14	0,0064	1200,0	0,0089	0,0088
15	0,0064	1200,0	0,0087	

[1]) Welbel und Zeisel, l. c.

Die Löslichkeit des Phloroglucids beträgt also im Höchstfalle 0,0007 auf 1000,0 HCl oder 0,00014 auf 200,0 HCl. Möglicher Weise ist sogar die ganze Differenz durch die grosse Erschwerung der quantitativen Bestimmung bei einem Filtrate von 1200,0 ccm. erklärbar. Jedenfalls kommt sie für die Erklärung der constanten Correctur nicht in Betracht.

Auch insofern liegt sicher keine constante Verlustgrösse von der berechneten Höhe vor, als Pentosenmengen unter 0,0025 g thatsächlich noch deutlich nachweisbare Mengen von Phloroglucid liefern. Immerhin konnte ich deutliche Färbungen des Filters durch den an und für sich ja sehr voluminösen und stark färbenden Niederschlag erst bei Ausgangsmengen von etwa 0,0005 — 0,001 Arabinose nachweisen, sodass diese Grösse als die unterste Grenze der mit der Methode sicher nachweisbaren Werthe gelten darf.

Auf alle Fälle war es nicht angängig, die gefundenen Formeln auf Niederschlagsgrössen unter 0,005 g anzuwenden. Eine genaue analytische Prüfung dieses Punktes unterliess ich, weil die Häufung der Fehlerquellen hier eine derartige werden musste, dass befriedigende Resultate doch nicht zu erwarten waren. In den wenigen Fällen, wo eine solche Berechnung nicht zu umgehen war, habe ich daher die mit meinen Formeln gefundenen Ausgangswerthe als Maximalgrösse angesehen. Um Minimalwerthe zu finden, liess ich die Factoren für kleiner werdende Niederschlagsmengen im selben geometrischen Verhältniss weiter ansteigen wie die Factoren der beiden niedrigsten untersuchten Niederschlagsgrössen. Das arithmetische Mittel zwischen Maximal- und Minimalgrösse habe ich als den wahrscheinlichsten Werth betrachtet.

Eine besondere Schwierigkeit ergab sich noch dadurch, dass über die Natur der im Organismus gebunden vorkommenden Pentosen bis vor Kurzem nichts bekannt war, sodass es fraglich blieb, ob die Umrechnung auf Arabinose oder Xylose vorgenommen werden sollte. Ganz neuerdings jedoch hat sich nach mündlichen Mittheilungen von Herrn Professor Salkowski[1]) die Pentose des Pankreasnucleoproteides

1) Neuberg, Vortrag in d. deutsch. chem. Gesell. Sitzg. v. 10. III. 1902.

als l-Xylose herausgestellt. Es schien mir daher das Beste zu sein, die Pentosen allgemein auf Xylose zu berechnen, wenn auch ein Beweis für den Xylosencharakter der Pentosen der übrigen Organe natürlich nicht zu erbringen war.

Nachdem so die Leistungsfähigkeit der Methode an und für sich festgestellt war, blieb noch zu untersuchen, wie weit die besonderen Bedingungen, die bei der Prüfung von Nucleoproteiden und Organen vorliegen, eine Störung des Resultates herbeiführen könnten. Dass die Pentosen erst aus ihrer Bindung in der Nucleinsäure losgespalten werden mussten, konnte nicht von wesentlichem Einflusse sein. Denn zur Sprengung dieser Bindung genügen bereits viel weniger eingreifende Processe als der hier vorliegende. So konnte Blumenthal[1]) seine Pentosazone aus verschiedenen Organen bereits nach blossem Erhitzen mit 2—4%iger Salzsäure auf dem Wasserbade erhalten.

Dagegen war es wohl möglich, dass einer der Körper, die als Bestandtheil des Nucleoproteids oder der Organe demselben eingreifenden Spaltungsprocesse unterworfen wurden wie die Pentosen, ebenfalls im Destillate Furfurol liefern und dadurch zu hohe Ausbeuten veranlassen konnte. Als wichtigste Gruppe dieser Art stehen die Eiweisskörper obenan. In der That gelang es v. Udránszky,[2]) bei Erhitzung von 17 g lufttrockenem Fibrin mit 40,0 g concentrirter Schwefelsäure und 20 g Wasser im Kolben auf freier Flamme deutliche Furfurolbildung nachzuweisen. Jedoch ist offensichtlich, dass der in diesem Versuche einwirkende Spaltungsprocess noch erheblich intensiver ist, als der des vorliegenden Falles, sodass für diesen nichts damit bewiesen ist. Andererseits liegt eine Angabe von Günther, Chalmot und Tollens[3]) vor, dass sie bei Destillation von je 5 g Casein und 5 g Pferdefleischpulver

1) Blumenthal, Zeitschrift für klinische Medicin, Bd. 34, Heft 1 und 2.

2) v. Udránszky, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XII, S. 389.

3) Günther, Chalmot und Tollens, Ber. d. deutsch. chemisch. Gesellsch., Bd. 26, S. 2569.

nach dem Tollens'schen Verfahren nur in den ersten Tropfen mit Anilinacetatpapier Furfurol nachweisen konnten, dass dies jedoch bald aufhörte. Auch Blumenthal[1]) gibt an, dass er bei Destillation von Eiweisskörpern mit Salzsäure spurweise Furfurolreaction bekommen habe.

Zur Klarstellung des Thatbestandes habe ich eine Reihe von reinen Eiweisspräparaten genau nach demselben Verfahren behandelt, wie ich es zur Pentosenbestimmung verwandte. Das Ergebniss war folgendes:

Präparat	Menge in g	Veränderung 24 Stunden nach Phloroglucinzusatz
Casein	0,6	keine Färbung, keine Trübung
»	0,7	» »
»	3,7	leichte gelbliche Färbung, keine Trübung
Serumalbumin .	0,5	keine Färbung, keine Trübung
» .	0,5	» »
» .	1,5	» »
Serumglobulin .	0,5	» »
» .	0,6	» »
» .	2,5	leichte gelbliche Färbung, keine Trübung
Gelatine . . .	1,5	» »
» . . .	1,5	» »

Zu den Präparaten möchte ich bemerken, dass das Casein ein reines Präparat von Merck in Darmstadt, die Gelatine das reine Handelspräparat war. Das Serumalbumin stellte ich mir nach dem von Krieger[2]) modificirten Hofmeister-Gürber'schen Verfahren durch Auskrystallisirung aus Pferdeblutserum dar, das Serumglobulin aus demselben Serum durch Ausfällen mit Ammonsulfat. Beide Präparate wurden durch Auskochen mit Wasser und Ausziehen mit Alkohol und Aether gereinigt.

Das Wichtigste an dem erhaltenen Resultate ist jedenfalls, dass in keinem der Fälle ein irgendwie quantitativ in Betracht kommender Niederschlag entstand. Die Destillate,

---

[1]) Blumenthal l. c.

[2]) Hans Krieger, Inaug.-Dissert., Strassburg, 1899.

welche die erwähnte gelbliche Färbung zeigten, wurden filtrirt und liessen auf dem Filter nur einen minimalen gelblichen Hauch zurück, der keine quantitative Bedeutung haben konnte. Ob diese gelbliche Färbung überhaupt auf die Eiweisskörper zu beziehen war, ist mir zweifelhaft geworden, da das Serumalbumin als das reinste der geprüften Präparate sie nicht lieferte und in den übrigen Fällen eine spurweise Beimengung von Kohlehydraten nicht absolut ausgeschlossen war. Um ganz sicher zu gehen, habe ich aber die Menge von 3,0 g mit der zu prüfenden Substanz in der Regel nicht überschritten.

Die zweite Gruppe von Körpern, die auf ihr Vermögen, Furfurol zu liefern, untersucht werden mussten, waren die Hexosen. Sie konnten besonders in den glycogenhaltigen Organen Störung verursachen, auch an die von Kossel[1]) in der Thymusnucleinsäure nachgewiesene Hexose war zu denken.

Es ist schon lange bekannt, dass die Hexosen bei trockener Destillation Furfurol liefern,[2]) auch bei Destillation mit Salzsäure findet eine geringe Furfurolbildung statt. Um über die letztere Eigenschaft eine klare Vorstellung zu gewinnen, destillirte ich nach dem gewöhnlichen Verfahren 2 × je 0,2 g Milchzucker und 2 × je 0,3 g Traubenzucker. Auf Phloroglucinzusatz trat in allen Fällen bald gelbe Färbung ein, die ziemlich rasch tief orangeroth wurde, um nach Kurzem wieder abzublassen. Nach 24 Stunden fand sich eine leichte bräunliche Trübung, die Flüssigkeit selbst war gelb. In zwei Fällen, bei denen ich von je 1 gr. Substanz und 200,0 ccm. HCl ausgegangen war, setzte ich die Destillation zu weiterer Concentration fort, bis nur noch etwa 20 ccm. Flüssigkeit im Kolben blieben. In dem bei diesem eingreifenderen Verfahren gewonnenen Destillate gingen die Färbungen noch rascher ineinander über, und am nächsten Tage hatte sich ein massiger schmutzig-brauner Niederschlag abgesetzt. Vergleicht man den Verlauf der Reaction mit dem für die Pentosen geschilderten, so macht sich ein durchgreifender Unterschied darin geltend, dass ich

[1]) Kossel, Du Bois-Reymond's Archiv, physiol. Abtheil., 1894, S. 536—537.

[2]) Hugo Schiff, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch., Bd. 20, S. 541.

bei den Hexosen niemals die typische Grünfärbung beobachten konnte, die bei Pentosen auch bei geringen Niederschlagsmengen nicht zu verkennen ist. Vielleicht ist dieser Befund dahin zu deuten, dass bei den Hexosen sich neben Furfurol noch andere uns bisher unbekannte Körper bilden.

Immerhin war es nothwendig, die Quantität festzustellen, die die Hexosen bei Innehaltung des normalen Verfahrens an Niederschlag liefern können. Ich stellte mir dazu Glycogen aus Kaninchenleber nach dem gewöhnlichen Verfahren[1]) dar. Das Resultat der Destillation war folgendes:

Nr.	Glycogen in g	Niederschlag in g
16	0,4099	0,0013
17	0,4207	0,0024

Auch hier trat der Farbenwechsel in der oben geschilderten Weise ein. Aus der Niederschlagsmenge ist ersichtlich, dass eine bedeutendere Störung nur bei der Untersuchung der Leber in Betracht kommen konnte, wo ich auf diesen Punkt zurückkommen werde.

Es bleibt jetzt noch ein Körper zu erörtern übrig, der einzige, ausser den Pentosen, bei dessen Behandlung nach dem Tollens'schen Verfahren eine erhebliche Furfurolbildung nachgewiesen worden ist, das ist die Glykuronsäure. Nach den Angaben von Günther, Chalmot und Tollens[2]) liefert sie bei Destillation mit Salzsäure 46 % Furfurol, von ihren Derivaten die Euxanthinsäure 12,5 %, die Urochloralsäure 17 %. Ihr Vorkommen im Rinderblute ist durch die Untersuchungen von P. Mayer[3]) sichergestellt; nach Lépine's[4]) Angaben findet sie sich auch in der Hundeleber vor. Es fragte sich nun, wie weit durch sie eine Störung der vorliegenden Analysen veranlasst werden konnte. Ihre Menge ist selbst im Blute, wo sie relativ am grössten sein dürfte, sehr gering. Ent-

---

1) Salkowski, Practicum, 2. Aufl., S. 192.

2) Günther, Chalmot und Tollens, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch., Bd. 25, S. 2569.

3) P. Mayer, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXXII, S. 518.

4) Lépine et Boulud, Comptes rend. d. la soc. de biol., 1901, Heft 50.

scheidend aber ist, dass die Glykuronsäure selbst im Alkohol, die gepaarten Glykuronsäuren, soweit bekannt, theils in Alkohol, theils in Aether löslich sind. Alle Präparate nun, die ich untersucht habe, sind mehrmals mit reichlichem Alkohol und Aether ausgezogen worden, so dass Spuren von vorhandener Glykuronsäure hätten in Lösung gehen müssen.

Somit bleibt als furfurolbildender Körper in den untersuchten Nucleoproteiden und Organen nur die Pentose übrig. Ich habe daher geglaubt, auch in den Organen, in denen die Pentose noch nicht einwandsfrei nachgewiesen worden ist, die Furfurolbildung auf sie beziehen zu dürfen.

Unter den Nucleoproteiden der verschiedenen Organe steht, wie schon seit längerer Zeit bekannt, das Nucleoproteid des Pankreas durch seinen Gehalt an Pentosen obenan. Es ist dies auch derjenige Körper, bei dem es Hammarsten[1]) durch Darstellung des Pentosazons zuerst gelang, das Vorkommen der Pentose im Organismus überhaupt nachzuweisen. Später hat Salkowski[2]) durch die Elementaranalyse des Pentosazons dessen Charakter als solches einwandsfrei dargethan. Umber[3]) ist es dann in neuerer Zeit gelungen, ein zweites von Hammersten bereits angenommenes, aber nicht dargestelltes Nucleoproteid aus dem Pankreas zu gewinnen, das einen dem Hammarsten'schen Nucleoproteid übergeordneten Körper darstellt, insofern, als das letztere als ein Spaltungsprodukt desselben anzusehen ist. Während Hammarsten nämlich sein Präparat durch kurzes Kochen der Drüse in Wasser, Coliren und Ausfällen mit verdünnter Essigsäure gewinnt, wobei die Ausbeute nicht sehr beträchtlich ist, digerirt Umber die Drüse nur kurze Zeit mit eiskalter physiologischer Kochsalzlösung, colirt und fällt dann mit verdünnter Essigsäure aus. Auf diese Weise erhält er ein sehr reichliches Präparat, das beim Kochen mit Wasser das Hammarsten'sche Nucleoproteid als Derivat abspaltet.

[1]) Hammarsten, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XIX, S. 19—37.
[2]) Salkowski, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXVII, S. 507.
[3]) Umber, Zeitschr. f. klinische Medicin, Bd. 40, Heft 5 u. 6.

Beide Nucleoproteide untersuchte ich auf ihren Pentosengehalt. Ein nach den Hammarsten'schen Vorschriften hergestelltes Präparat (Nr. I der folgenden Tabelle) hatte Herr Professor Salkowski die Güte, mir zur Verfügung zu stellen. Der Phosphorgehalt desselben war durch mehrfache Analysen auf 3,78 % festgestellt worden, differirte also beträchtlich von den Angaben Hammarsten's, der 4,48 % als Gehalt seines Präparates an Phosphor bezeichnet.

Ein zweites Präparat derselben Art (Nr. II der Tabelle) stellte ich mir selbst dar. Hier differirte der Phosphorgehalt noch ungleich mehr.

Eine Phosphoranalyse nach der gewöhnlichen Methode[1]) ergab:

Präparat z. Const. getrockn. 0,2518 g; Magnesiumpyrophosphat 0,0176 g;
P = 1,95 %.

Diese grossen Differenzen sind nicht besonders auffallend. Denn es ist schon mehrfach, letzthin wieder von Umber,[2]) darauf aufmerksam gemacht worden, wie ausserordentlich variabel der Phosphorgehalt in verschiedenen Präparaten gerade dieses Nucleoproteids ist.

Ein Präparat, das ich mir nach den Umber'schen Vorschriften darstellte, ergab bei der Phosphoranalyse:

Präparat z. Const. getrockn. 0,2697 g; Magnesiumpyrophosphat 0,0182 g;
P = 1,88 %.
Präparat z. Const. getrockn. 0,2517 g; Magnesiumpyrophosphat 0,0164 g;
P = 1,82 %.

Die Differenz gegenüber dem Durchschnittsphosphorwerth, den Umber selbst bei seinen Präparaten erhielt, nämlich 1,67 %, war also keine sehr grosse.

Die Präparate wurden im Vacuum über Schwefelsäure 24 Stunden getrocknet und dann nach der oben beschriebenen Methode mit Salzsäure destillirt. Ein Trocknen durch Erhitzen im Trockenschrank unterliess ich, nachdem ein Theil der Präparate, der aus Versehen längere Zeit einer Temperatur von 130 bis 140° ausgesetzt worden war, ohne äusserlich ver-

1) Salkowski, Practicum, 2. Aufl., S. 270.
2) Umber, l. c.

ändert zu sein, doch eine Einbusse an Pentosengehalt bis 30% zeigte. Nur die Präparate der 18. und 19. Analyse sind bei 105° getrocknet. Das Analysenergebniss stellte sich folgendermassen dar:

Nr.	Präparat	Menge g	Niederschlag g	Pentose berechnet. Gehalt g	Pentose Proc.-Gehalt einzeln	Pentose Proc.-Gehalt mittel	Phosphor. Proc.-Gehalt	Verhältniss von Phosphor zu Pentosengehalt
18	Nucleoproteid Hammarsten I	0,2212	0,0302	0,0346	15,6	15,45	3,75	1 : 4,11
19		0,2196	0,0292	0,0336	15,3			
20		0,2165	0,0289	0,0333	15,4			
21		0,2239	0,0294	0,0338	15,1			
22	Nucleoproteid Hammarsten II	0,1863	0,0134	0,0171	9,2	9,2	1,95	1 : 4,72
23		0,2311	0,0174	0,0212	9,2			
24	Nucleoproteid Umber	0,2235	0,0106	0,0141	6,3	6,25	1,85	1 : 3,38
25		0,2442	0,0115	0,0151	6,2			

Die Ausbeute an Pentose war also in allen Fällen eine recht beträchtliche, und zwar zeigte, wie zu erwarten war, das Nucleoproteid nach Hammarsten eine erheblich höhere Ausbeute als das Umber'sche.

Von besonderem Interesse ist ein Vergleich der Pentosenausbeute mit dem Phosphorgehalte der Präparate.

Denn nach unseren bisherigen Kenntnissen müssen wir annehmen, dass in beiden Nucleoproteiden sowohl Phosphorsäure wie Pentose lediglich in der Nucleinsäure des Pankreas, der Guanylsäure, vorkommen. Daraus ist weiter zu schliessen, dass, solange der Atomcomplex der Guanylsäure unverletzt ist, alle Präparate, sie mögen im Uebrigen einen Phosphorgehalt haben, welchen sie wollen, das gleiche Verhältniss von Phosphor zu Pentose haben müssen, wie es in der Guanylsäure vorliegt. Ein Blick auf die Tabelle lehrt, dass ein gewisser Zusammenhang derart nicht zu leugnen ist. Er ist aber weit entfernt, quantitativ genau zu sein. Besonders differiren das II. Nucleo-

proteid nach Hammarsten und das Präparat nach Umber, trotzdem beide einen ähnlichen Phosphorgehalt haben. Eine Erklärung hierfür zu geben, ist mir leider nicht möglich. Jedenfalls dürfte auch die Annahme einer Ungenauigkeit der Pentosenanalysen bei einer derart grossen Differenz zur Erklärung nicht genügen. Möglicher Weise wäre daran zu denken, dass neben dem pentosenreichen typischen Pankreasnucleoproteid noch ein anderes Nucleoproteid in der Drüse vorkommt, das in seinem Gehalte an Pentosen den Nucleoproteiden der übrigen Organe ähnlich wäre. Es würde dann je nach dem Grade, in dem es den verschiedenen Präparaten beigemischt ist, eine verschieden grosse Verminderung der Pentose im Verhältniss zum Phosphor herbeiführen.

Von grossem Werthe wäre es da gewesen, die Guanylsäure selbst auf ihren Pentosengehalt zu untersuchen. Bang[1]) gibt an, dass er nach dem Eingangs beschriebenen Verfahren durch Bestimmung des Reductionsvermögens einen Gehalt von 30% Pentose in ihr festgestellt hat. Das Verhältniss von Phosphor zu Pentose ergibt sich aus der Constitutionsformel, die er in seinen neuesten Untersuchungen[2]) aufgestellt hat, als 1 : 3,63, liegt also etwa in der Mitte der von mir für das I. Hammarsten'sche und das Umber'sche Nucleoproteid gefundenen Verhältnisszahlen. Durch eigene Untersuchungen diese Angaben zu kontrolliren, war mir leider unmöglich, da es mir bei der Schwierigkeit der Herstellung des Präparates nicht gelang, eine genügende Menge davon zur Verfügung zu bekommen. Es ist das wohl entschuldbar, da Bang selbst 1200 Stück Rinderpankreas verarbeiten musste, um nur 20 g analysenreinen Präparates zu erhalten.

Das zweite von mir untersuchte Nucleoproteid war das der Thymus, das Lilienfeld[3]) unter dem Namen Nucleohiston dargestellt hat. Blumenthal[4]) hat in ihm die Pentose durch Pentosazongewinnung nachgewiesen. Ein Präparat, das ich

---

1) Bang, l. c.
2) Bang, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XXXI, S. 419.
3) Lilienfeld, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. XVIII, S. 473.
4) Blumenthal, l. c.

mir nach den Vorschriften von Lilienfeld herstellte, wies folgenden Phosphorgehalt auf:

Präparat z. Const. getrockn. 0,2350 g; Magnesiumpyrophosphat 0,0251; P = 2,98 %.

Die Differenz gegenüber Lilienfelds Angabe von 3,025 % Phosphorgehalt war also eine minimale.

Die Pentosenausbeute aus diesem Präparate, ebenso wie aus einem zweiten, das ich mir in derselben Weise herstellte, fiel aber über Erwarten gering aus. Auch gelang es mir nicht, mit meinen Analysen zu einer befriedigenden Uebereinstimmung zu kommen.

Ich führe unter ihnen nur zwei an, welche, beide mit dem ersten meiner Präparate vorgenommen, die Maximalausbeute darstellen, die ich erhielt:

Nr.	Menge der Präparate g	Niederschlag g	Pentose	
			ber. Gehalt g	Proc.-Gehalt
26	1,4397	0,0021	0,0045	0,31
27	2,7267	0,0055	0,0088	0,32

Dies Ergebniss ist darum von besonderem Interesse, weil sich später zeigte, dass die Thymusdrüse selbst erheblich mehr Pentose aufweist. Eine Erklärung dieser Thatsache muss ich künftigen Untersuchungen überlassen.

Eine Untersuchung weiterer Nucleoproteide schien mir ebenfalls nicht viel Erfolg zu versprechen. Ich ging daher zur Prüfung der Organe selbst über.

Sieht man von dem Pankreas ab, als der classischen Fundstätte der Pentose, so ist in Thymus, Thyreoidea und Gehirn das Vorkommen von Pentose durch F. Blumenthal[1]) bewiesen, in Milz, Leber und Muskel wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht worden. Wie ich oben ausgeführt habe, glaube ich mich aber berechtigt, auch in den Organen, in denen der sichere Beweis für das Vorkommen der Pentose noch fehlt, die Furfurolbildung doch auf sie beziehen zu dürfen.

[1]) Blumenthal, l. c.

Bei der Herstellung meiner Organpräparate suchte ich mir von vornherein die Möglichkeit zu verschaffen, meine Analysenresultate sowohl auf feuchte wie auf trockene Substanz berechnen zu können. Unter möglichster Berücksichtigung quantitativer Cautelen verfuhr ich daher folgendermassen:

Ein thunlichst bindegewebsarmer Theil des Organes wird gut zerkleinert, gewogen und mit mindestens der dreifachen Menge Alkohol übergossen. In 24stündigen Pausen wird der Alkohol erst nochmals mit Alkohol, dann mit Alkohol absolut. und schliesslich 3 Mal mit Aether gewechselt. Der Aether wird durch Verreiben entfernt und nach mehrstündigem Stehen an der Luft das Präparat gewogen. Es ist klar, dass sich geringe Verluste bis hierher nicht vermeiden lassen. Bei sorgfältiger Arbeit kommen sie aber im Vergleich zu den erheblichen Mengen, die ich in Verarbeitung nahm, nicht in Betracht.

Weiterhin wurde in einer Probe des lufttrockenen Präparates der Rest von Wasser und Alkohol durch Trocknung bei 105° bestimmt. Zur Verwendung für die Analysen des Pentosengehaltes gelangte das lufttrockene Präparat, aus dem sich unschwer mittelst der vorhergegangenen Wägungen sowohl die Menge der Trockensubstanz als der feuchten Substanz berechnen liess. War eine wiederholte Herstellung der Präparate nothwendig, so wurde in den weiteren nur das Verhältniss der lufttrockenen zur absolut trockenen Substanz festgestellt und das Verhältniss der letzteren zur feuchten Substanz als constant angenommen. Im Anhange habe ich die hierher gehörigen Wägungen als Belege angeführt. In folgender Tabelle (Seite 20) erwähne ich nur das Gesammtresultat meiner Analysen.

Eine Bemerkung muss ich noch zum Leberpräparate machen. Zur möglichsten Verminderung des Glycogengehaltes liess ich das Organ vor der Verarbeitung erst 24 Stunden in der Kälte liegen und bestimmte dann gleichzeitig in einer Probe von 100 g durch Auskochen, Ausfällen mit Brücke'scher Lösung und Eingiessen des Filtrates in Alkohol den ungefähren Glycogengehalt. Derselbe stellte sich auf 0,1323 g. Ein Vergleich dieser Zahl mit der Menge des auf Pentosen untersuchten

Nr.	Präparat	Menge des lufttrocken. Präpar. g	Berechnete Trockensubstanz g	Niederschlag g	Pentose: Berechneter Gehalt g	Pentose: Procent-Gehalt d. Trockensubst. einzeln	d. Trockensubst. mittel	d. feucht. Subst. einzeln	d. feucht. Subst. mittel
28.	Pankreas	0,9120	0,8109	0,0155	0,0192	2,37	2,48	0,427	0,447
29.	(Rind)	0,8862	0,7879	0,0166	0,0204	2,59		0,467	
30.	Leber II	2,4079	1,9580	0,0074	0,0108	0,55	0,56	0,098	0,100
31.	(Kalb)	2,4081	1,9586	0,0078	0,0112	0,57		0,102	
32.	Thymus	2,4693	2,1604	0,0081	0,0115	0,53	0,56	0,093	0,099
33.	(Kalb)	2,3326	2,0408	0,0089	0,0123	0,60		0,105	
34.	Thyreoidea	2,4625	2,0846	0,0073	0,0107	0,51	0,50	0,092	0,090
35.	(Rind)	2,2255	1,8840	0,0060	0,0093	0,49		0,089	
36.	Milz I (Rind)	2,2604	1,9340	0,0055	0,0088	0,45	0,46	0,079	0,081
37.	Milz II (Rind)	2,5445	2,1664	0,0070	0,0104	0,48		0,083	
38.	Niere	2,4072	2,0783	0,0068	0,0102	0,49	0,49	0,084	0,084
39.	(Rind)	2,4272	2,0956	0,0070	0,0104	0,49		0,085	
40.	Submaxillaris	2,2513	1,9525	0,0066	0,0099	0,51	0,53	0,091	0,096
41.	(Rind)	2,3460	2,0346	0,0081	0,0115	0,56		0,101	
42.	Grosshirn	3,2913	2,9307	0,0038	0,0067	0,23	0,22	0,030	0,029
43.	(Rind)	3,3110	2,9483	0,0033	0,0061	0,21		0,028	
44.	Muskel II	5,6035	4,8102	0,0028	0,0054	0,11	0,11	0,024	0,021
45.	(Rind)	5,5124	4,7322	0,0024	0,0049	0,10		0,022	

Leberpräparates einerseits und der Grösse des Niederschlages, den Glycogen bei Destillation mit Salzsäure liefert (s. oben) andererseits, ergibt, dass in den obigen Leberanalysen das Glycogen höchstens eine Niederschlagsvermehrung von 0,0001 g verursacht haben kann, was füglich unberücksichtigt bleiben konnte.

Ueberblicken wir nun das Gesammtresultat der Analysen, so springt zunächst in die Augen, dass der Gehalt des Pankreas an Pentose den aller übrigen Organe um ein Vielfaches übertrifft. Er ist so hoch, dass wir den Gehalt des Pankreas an Umber'schem Nucleoproteid auf nahezu 40% veranschlagen müssen. Es würde das mit dem Resultate Umber's, der eine Ausbeute an seinem Präparate bis 10% der Pankreastrockensubstanz erhielt, wohl in Einklang zu bringen sein, wenn man in Rechnung zieht, dass durch die Selbstverdauung des Pankreas die Verluste gerade bei der Gewinnung dieses Präparates ausserordentlich hohe sind.

Der Gehalt der übrigen kernreichen Organe an Pentose ist ein ziemlich gleichmässiger, während er bei den kernarmen Organen, Gehirn und Muskel wieder mehrfach geringer ist. Man gewinnt den Eindruck, dass, abgesehen vom Pankreas, der Gehalt der einzelnen Organe an Pentosen in direkter Beziehung zu ihrem Kernreichthum steht. Nur im Pankreas scheint die Pentose eine Sonderstellung einzunehmen, ein Ergebniss, das mit dem der bisherigen Untersuchungen durchaus im Einklange steht.

Dennoch ist in einer Beziehung das Resultat meiner Untersuchungen ein neues und überraschendes. Sucht man sich nämlich eine Vorstellung zu verschaffen von der Gesammtmenge an Pentosen, die in den einzelnen Organen vorhanden ist, so findet man, dass der Pentosengehalt der anderen Organe doch ein hinreichend grosser ist, um in der Summe beträchtliche Zahlen zu ergeben, hinter denen der Gesammtgehalt des Pankreas an Pentose weit zurücksteht. Unter der Voraussetzung, dass die menschlichen Organe im Wesentlichen denselben Pentosengehalt aufweisen als die des Rindes, was wohl mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, habe ich in der folgenden Tabelle hierüber einen Ueberblick zu geben versucht.

Organ	Durchschnittsgewicht des Organes[1]) g	Gewicht der in ihm enthaltenen Pentose g
Pankreas	88,0	0,393
Leber	1 856,0	1,856
Thymus	7,0	0,007
Thyreoidea	15,0	0,014
Milz	246,0	0,199
Niere	292,0	0,245
Speicheldrüsen	74,0	0,071
Gehirn	1 430,0	0,415
Muskel	35 158,0	7,382
Summa	—	10,582

1) Nach K. Vierordt, Grundriss der Physiologie des Menschen, 3. Aufl., S. 254.

Diese Zahlen erheben natürlich keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit, besonders diejenigen für Muskel und Gehirn können wegen der geringen Niederschlagsmengen, die den Berechnungen zu Grunde liegen, nur als grobe Annäherungswerthe gelten (s. oben S. 9). Zieht man aber in Betracht, dass auch in den von mir nicht untersuchten Theilen des Körpers sehr wohl noch geringe Mengen von Pentosen vorhanden sein können, so dürfte die Gesammtsumme von 10 g für den Pentosenvorrath des Organismus eher zu niedrig als zu hoch gegriffen sein, eine Zahl also, welche die entsprechende für das Pankreas um mehr als das 25fache übertrifft.

Hiernach werden wir uns der Einsicht nicht verschliessen können, dass es künftig nicht mehr angängig ist, nur der Pentose des Pankreas eine Bedeutung für den menschlichen Stoffwechsel zuzuschreiben. Wir werden vielmehr — neben einer wohl besonderen Bedeutung der Pentose des Pankreas — annehmen müssen, dass die Pentosen im Organismus noch eine weit allgemeinere Rolle spielen, eine Rolle, die sich im Stoffwechsel aller Zellen in annähernd gleicher Weise geltend macht.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Professor Salkowski, meinem hochverehrten Lehrer, auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen, sowohl für die Anregung zu dieser Arbeit, als für mannigfache Unterstützung im Verlaufe derselben.

Anhang.

Analytische Belege.

Organ	Feuchtes Gewicht g.	Lufttrockenes Gewicht g.	Proc.-Gehalt an lufttrockener Substanz
Pankreas	26,7495	5,4290	20,28
Leber	46,5552	9,4317	20,26
Thymus	51,0495	10,1598	19,90
Thyreoidea	46,7075	9,9060	21,21
Milz	49,7099	10,0533	20,22
Niere	52,0747	10,2854	19,75
Submaxillaris	37,6098	7,7607	20,64
Gehirn	51,8455	7,7649	14,98
Muskel	50,3995	12,1760	24,15

Präparat	Lufttrockenes Gewicht g.	Gewicht getrocknet bei 105° g.	Proc.-Gehalt an Trocken-substanz
Pankreas	0,1876	0,1668	88,91
Leber I	0,2389	0,2103	88,43
Thymus	0,2819	0,2467	87,49
Niere	0,2130	0,1839	86,34
Thyreoidea	0,2854	0,2416	84,65
Milz I	0,2403	0,2056	85,56
Submaxillaris	0,2568	0,2227	86,72
Gehirn	0,2127	0,1894	89,04
Muskel I	0,2808	0,2440	86,87
Leber II	0,2850	0,2318	81,33
Milz II	0,2564	0 2183	85,14
Muskel II	0,3087	0,2650	85,84

Organ	Proc.-Gehalt an absoluter fett-freier Trocken-substanz
Pankreas	18,02
Leber	17,83
Thymus	17,41
Thyreoidea	17,95
Milz	17,30
Niere	17,05
Submaxillaris	17,90
Gehirn	13,34
Muskel	20,99

Lebenslauf.

Ich, Georg Max Grund, evang. Konfession, wurde geboren zu Breslau am 6. Juni 1878 als Sohn des Fabrikdirektors Friedrich Wilhelm Grund und seiner Ehefrau Marie geb. Wöhler. Ich besuchte bis zu meinem 11. Lebensjahre die Privatschule des Dr. Mittelhaus in Breslau, von da an das Gymnasium zu St. Elisabeth in Breslau, das ich Ostern 1897 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Seitdem widmete ich mich dem Studium der Medicin, dem ich von Ostern 1897 bis Ostern 1898 in Heidelberg obgelegen habe, von wo ich mich im folgenden Sommer nach München wandte, um das Wintersemester 1898/99 wieder in Heidelberg zuzubringen. Hier bestand ich Ostern 1899 das Tentamen physicum. Im Sommer 1899 genügte ich meiner Militärpflicht mit der Waffe, während welcher Zeit ich an der Universität Breslau immatrikuliert war. Von Herbst 1899 bis Ostern 1901 studierte ich wieder in Heidelberg, wobei ich während des Wintersemesters 1900/1901 die Stelle eines 2. Assistenten am anatomischen Institut versah. Von Ostern 1901 bis Ostern 1902 studierte ich in Berlin, kehrte Ostern 1902 nach Heidelberg zurück und habe während des Winters 1902/03 die ärztliche Hauptprüfung bestanden.